

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-122172

(43)Date of publication of application : 17.05.1996

(51)Int.Cl. G01L 1/10
G01C 19/56
G01P 9/04

(21)Application number : 06-253436

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 19.10.1994

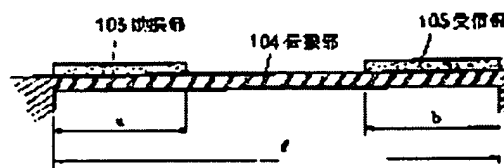
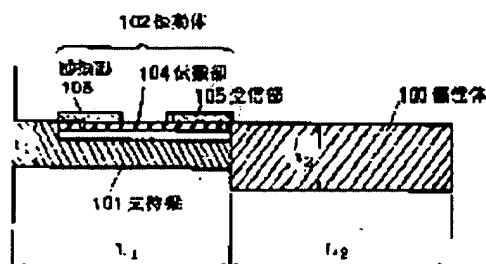
(72)Inventor : MIURA MASAYOSHI
IWAZAWA TOSHIYUKI
SAGAWA USHIO
AOKI SHINICHIRO
SATO TAKEO

(54) FORCE SENSOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To perform drive in a stable resonant mode by constituting a specific relation between the entire length of a resonator, an excitation piezoelectric element and the length of a receiving piezoelectric element.

CONSTITUTION: A dynamic amount sensor comprises an inertia body 100, a support beam 101, vibrator 102, and piezoelectric elements are provided on the both ends of the vibrator 102, which is constituted of exciting part 103, a propagation part 104 and a receiving part 105. And when acceleration is applied, the inertia body 100 moves up and down, a supporting beam 101 bends and the vibrator 102 expands and contracts. Therefore, when a force is applied, a resonant frequency of the vibrator 102 is changed, and the acceleration can be measured by detecting the frequency change. In addition, the vibrator resonates in various vibration mode. Likelihood of occurrence of the vibration mode is closely related with the length (a) of the exciting part 103, the length (b) of the receiving part 105 and the entire length l of the vibrator 102, and the force sensor can be driven in a stable resonant mode by setting them $0.2 \leq a/l < 0.5$, $0.2 \leq b/l < 0.5$.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

18.10.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-122172

(43) 公開日 平成8年(1996)5月17日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 1 L 1/10

A

G 0 1 C 19/56

9402-2F

G 0 1 P 9/04

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平6-253436

(22) 出願日 平成6年(1994)10月19日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 三浦 眞芳

神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1号 松下技研株式会社内

(72) 発明者 岩澤 利幸

神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1号 松下技研株式会社内

(72) 発明者 寒川 潮

神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1号 松下技研株式会社内

(74) 代理人 弁理士 小鍛冶 明 (外2名)

最終頁に続く

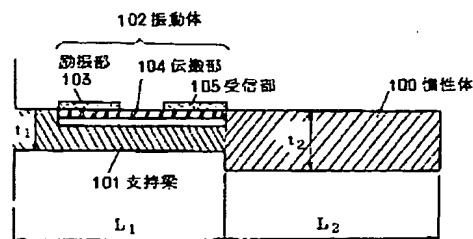
(54) 【発明の名称】 カセンサー

(57) 【要約】

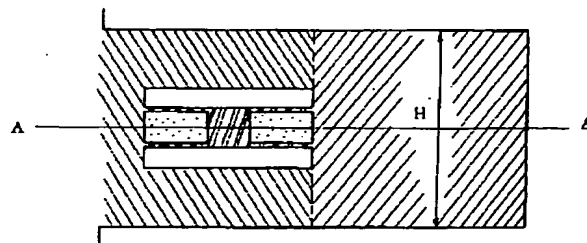
【目的】 力を検出するセンサーに関するもので、従来の圧電共振型センサーの不要な共振モードが現れるという欠点を解決し、使用する共振周波数のピークを鋭く、高くし、誤動作がなく安定なカセンサーの実現を目的とする。

【構成】 加速度により移動可能な慣性体と、それを支持する支持梁と、支持梁上に設置された振動体を備え、振動体は振動体を励振する励振部と振動を伝搬する伝搬部と、振動状態を受信する受信部とよりなり、力が印加された際、振動体の変形により生じる振動状態の変化を、励振部への入力信号と受信部の出力信号により検出し、力を測定するものであり、励振部、受信部に圧電素子を用い、励振部及び受信部の長さを振動体の全長の0.2～0.5倍に構成することにより、振動体の低次共振周波数のピークが明確に現れ、常に一定の共振モードを容易に保てるようになり、誤動作のない安定なカセンサーが実現できる。

(a)



(b)



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 力学量の作用により移動可能な慣性体と、慣性体を支持する支持梁と、前記支持梁上に設けられて両端を前記支持梁に固定された振動体と、前記振動体の一端部付近に接合されて前記振動体を励振する励振用圧電素子と、前記振動体の他端部付近に接合されて前記振動体の振動を受信する受信用圧電素子とを具備し、前記振動体の全長 l と、前記励振用圧電素子の長さ a 及び前記受信用圧電素子の長さ b との間には、

$$0.2 \leq a/l < 0.5$$

又は

$$0.2 \leq b/l < 0.5$$

の関係があることを特徴とする力センサー。

【請求項 2】 力学量の作用により移動可能な慣性体と、慣性体を支持する支持梁と、前記支持梁上に設けられて両端を前記支持梁に固定された振動体とを具備し、前記振動体の 1 次共振周波数が、前記慣性体と前記支持梁の 1 次共振周波数の 10 倍以上であることを特徴とする力センサー。

【請求項 3】 力学量の作用により移動可能な慣性体と、慣性体を支持する支持梁と、前記支持梁上に設けられて両端を前記支持梁に固定された振動体と、前記振動体上に接合された圧電素子と、前記圧電素子の表面上に前記振動体の長手方向と交差する方向に分割された一対の電極とを具備し、前記一対の電極の一方は振動体を励振する励振用電極、他方は振動体の振動を受信する受信用電極であることを特徴とする力センサー。

【請求項 4】 圧電素子上に分割して設けられた一対の電極が、一方は振動体の中央部で広く固定端近傍で狭い形状であり、他方は振動体の中央部で狭く固定端近傍で広い形状であることを特徴とする請求項 3 記載の力センサー。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、物体に印加される加速度、加重、圧力等の力学量を検出するセンサーに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、自動車事故での安全を守るエアバックシステムや、道路案内を行うナビゲーションシステムなどの開発が盛んであり、それに伴い加速度センサーや振動ジャイロのようなセンサーが開発されている。

【0003】 従来力検出素子としては、例えば特公昭 53-1330 号公報に示されているように、図 9 あるいは図 10 の構造が知られている。図 9 において、それぞれ電極 1 が取り付けられている 2 枚の圧電振動板 2、3 を一定の空隙を介在させて配置し、これら圧電振動板 2、3 の各一端を基板 4 に固定すると共に同他端を間隔板 5 により剛性的に結合してなるもので、圧電振動板 2、3 の自由端に力 F が加えられた時に、このとき圧電

振動板 2、3 が受ける変位に基づくこれら圧電振動板 2、3 の各固有振動数の変化を測定し、この結果に基づいて前記力 F を測定するようにしたものである。また図 10 はカンチレバー 6 の上下面に段部 7、溝 8 を形成し、溝 8 を架橋して電極 9 の取り付けられている 2 枚の圧電振動板 10、11 を固定してなるもので、カンチレバー 6 の自由端に力 F が印加されたとき圧電振動板 10、11 の各固有振動数の変化の差を検出して力 F を測定するようにしたものである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら上記の従来の構成の圧電振動板 2、3、10、11 では、種々のモードの固有振動が生じる。すなわち、縦方向、横方向の振動モードおよびその高次共振、梁全体の固有振動モード、捻れ振動などが存在し、それらを明確に区別分離して、使用したい固有振動モードのみを他と区別して取り出し安定して共振状態を保つことが困難であった。

【0005】 本発明は上記従来技術の課題を解決するもので、力の印加により、固有振動数の変化する振動体の固有振動モードが、他の不要な共振モードと完全に分離でき常に一定の共振状態を安定に保てる、力学量センサーを提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】 この目的を達成するために本発明は、第 1 に力学量の作用により移動可能な慣性体と、慣性体を支持する支持梁と、前記支持梁上に設けられて両端を前記支持梁に固定された振動体と、前記振動体の一端部付近に接合されて前記振動体を励振する励振用圧電素子と、前記振動体の他端部付近に接合されて前記振動体の振動を受信する受信用圧電素子とを具備し、前記振動体の全長 l と、前記励振用圧電素子の長さ a 及び前記受信用圧電素子の長さ b との間には、

$$0.2 \leq a/l < 0.5$$

又は

$$0.2 \leq b/l < 0.5$$

の関係があることを特徴とするものである。また第 2 に、力学量の作用により移動可能な慣性体と、慣性体を支持する支持梁と、前記支持梁上に設けられて両端を前記支持梁に固定された振動体とを具備し、前記振動体の 1 次共振周波数が、前記慣性体と前記支持梁の 1 次共振周波数の 10 倍以上であることを特徴とするものである。さらに第 3 に、力学量の作用により移動可能な慣性体と、慣性体を支持する支持梁と、前記支持梁上に設けられて両端を前記支持梁に固定された振動体と、前記振動体上に接合された圧電素子と、前記圧電素子の表面上に前記振動体の長手方向と交差する方向に分割された一対の電極とを具備し、前記一対の電極の一方は振動体を励振する励振用電極、他方は振動体の振動を受信する受信用電極であることを特徴とするものである。

【0007】

【作用】本発明は上記構成によって、第 1 に、高次モードの共振のピークを低下あるいは消滅させ、振動体の低次モードの共振周波数が明確にピークを示し、安定した共振モードでの駆動が可能となる。また第 2 に、振動体の 1 次共振周波数が、慣性体と支持梁の 1 次共振周波数の 10 倍以上としたものであり、梁全体の共振周波数の影響を受けることなく、振動体を安定して共振させることができる。さらに第 3 に、振動体の 1 次共振周波数のみを生じさせることができるので、常に同一モードの 1 次共振における安定した駆動が可能であり、誤動作の少ないセンサーが実現できる。

【0008】

【実施例】

(実施例 1) 以下、本発明の第 1 の実施例について、図面を参照しながら説明する。

【0009】図 1 (a)、図 1 (b) は本発明の一実施例における力学量センサーの断面図および平面図である。図 1 (a) において、100 は慣性体、101 は支持梁、102 は振動体であり、前記振動体 102 は励振部 103、伝搬部 104、受信部 105 より構成されている。

【0010】図 1 において、加速度が印加されると慣性体 100 が上下し、支持梁 101 がたわむと共に振動体 102 は伸び縮みする。そのため、力が作用した際には、振動体の共振周波数が変化することになり、この周波数変化を検出することにより加速度を測定することができる。例えば、振動体の振動が糸の振動と仮定できるとすると、共振周波数 f は (数 1) で表される。

【0011】

【数 1】

$$f = \frac{n}{2l} \cdot \sqrt{\frac{S}{\rho}}$$

【0012】但し l は糸の長さ、 S は糸の張力、 ρ は糸の単位長さ当りの質量、 n は振動の次数を示す。(数 1) によれば、共振周波数 f は糸の張力の平方根に比例して変化し、力が作用した際に、振動体の張力が変化する構造であれば加速度、圧力、力等の力学量が測定できることが分かる。

【0013】図 2 は図 1 の構成に於ける特性例である。縦軸は振動体の共振周波数 f であり、横軸は印加された加速度を示す。これによると、加速度 0 のときの共振周波数は 22 kHz であるが、120 G の加速度が印加された場合には 27 kHz に上昇する。1 G あたり約 40 Hz の変化があり、変化率で言うと 0.2 %/G で且つ図にみられるように非常に大きな加速度まで測定でき、ダイナミックレンジの広い加速度センサーが実現できた。なお、図 1 の構成では、慣性体の質量と支持梁部の質量の比により感度が異なるが、図 2 のデータの場合慣性体が支持梁部の 7 倍の構造のものであり、比較的微小

な支持梁のたわみが、振動体への大きな張力となって作用し、大きな感度を出力することができたと考えられる。

【0014】本実施例の構造的な特徴の 1 つは、振動体の構造であり、励振部、伝搬部、受信部により構成されている点である。一般に、圧電セラミックを共振させた場合、圧電セラミック自体の厚み振動等の場合には、圧電セラミック自体のインピーダンス変化を検出して共振点を知る方法がある。しかしながら、本発明のように、振動体が圧電セラミックと他の構造部材との接合体の場合には、接合体の共振周波数において、必ずしも大きなインピーダンス変化があるとは限らず、感度良く共振点を検出できない場合が多い。それに比較して、本発明では前記接合体である振動体の振動を直接受信部で検出しているため、振動体の持つあらゆる振動を正確に検出することが可能となり、適切な振動体構造の設計において、寸法的な自由度が非常に大きなものとなる。

【0015】図 3 は、図 1 の振動体 102 の振動状態を説明するためのものである。図 3 (a)、(b) は振動体 102 の部分を拡大図示した平面図および断面図である。振動体 102 は両端に圧電素子が設けられており、左端に励振部 103、右端に受信部 105 が構成されている。このような振動体は一般に、図 3 (c) ~ (h) に示されているように種々の振動モードで共振し、各々 1 次 ~ 6 次共振モードと呼ばれている。これらの共振モードが生じる、振動周波数は、振動体の厚みと長さそして振動体を構成する材質のヤング率などによって一義的に決定され振動体の幅 h には依存しない。

【0016】上記のような、共振モードの起き易さは、励振部 103 の長さ a と密接な関係がある、振動体は励振部 103 の圧電素子の伸縮振動によって振動を起こし、励振の周波数が共振モードの生じる周波数と一致したとき、共振モードでの振動が生じることになる。ここで、励振部の長さ a と生じ易い振動モードの関係を考えるため、例として図 3 (f) の 4 次共振モードでの節と節間の長さを x とする。励振部は圧電素子の伸縮により変形するので励振部の自然な変形状態は励振部 103 の両端を節とする弓状と考えられる。従って a と x がほぼ等しい状態となるような共振モードは生じ易いと考えられ、例えば x が a の半分程度になると、励振部の圧電素子は伸びる部分と縮む部分の両方が生じることになり、このような振動モードを強制振動により生じさせるのは非常に困難なものとなる。

【0017】同様に、受信部 105 の長さ b と図 3 (f) における長さ y についても、同様なことが言え、 $b = y$ のときには受信部 104 の圧電素子が全面で同一方向の歪を受けるため十分な出力信号が得られるが、 y が b に比較して小さくなると受信部 104 の圧電素子には逆の歪が生じる部分ができるようになり、ある部分では正の電荷がまた他の部分では負の電荷が生じる状態と

なり、出力信号が低下することになる。

【0018】図4は、励振部103、受信部105の寸法を変化させたときの、受信部105から出力される出力信号の周波数特性を示す実験結果である。横軸は励振部103の圧電素子に印加される正弦波形の入力信号の周波数を示しており、縦軸はそのときの受信部の圧電素子からの出力電圧を示している。例えば、励振部103に数Vの信号電圧を印加すると、受信部からは数mVから数百mVの出力電圧が得られるが、その値は、共振周波数で急激に大きくなるため、図4のように横軸に周波数をとると共振周波数でピークを有する曲線が得られる。ここで、振動体102は4-2アロイに圧電素子（友友金属性H5D）を接着させて作製し、4-2アロイ及び圧電素子の厚みは $80\mu\text{m}$ とした。図3において、 $h=2\text{mm}$ 、 $l=10\text{mm}$ とし、励振部103および受信部105の寸法a、bは等しい値として、a、bを変化させた。

【0019】図4、(a)はa、bが比較的大きく、 $a/l=0.45$ のときの周波数特性を示すが、1次、2次、3次の共振モードでのピークがみられ、それ以上の4次、5次共振のピークはみられない。これらの高次の共振モードは、a、bが小さくなるにしたがって現れ、例えば図4(b)のように $a/l=0.2$ では、6次共振モードまで生じてくる。さらに、図4(c)は $a/l=0.15$ とa、bをさらに小さくした場合であるが、あまりa、bが小さすぎると、1次、2次、3次の低次の共振モードが消え、高次の共振モードのみ現れることが分かった。

【0020】一般に、高次の共振モードより低次の共振モードの方が安定であると言われている。これは、図3のような形状の振動体の場合に、図3(c)～(h)で示された振動モードの他に、幅方向(h)の共振や捻れ振動の共振モードがあり、これらは、高次共振モードの周波数近辺に現れ易く、周波数特性でいうと、高次共振モードのピークの近傍に、他のモードのピークが生じ、回路上、高次共振モードのピーク点の周波数で常時駆動させる方法が難しくなるというようなことが理由である。従って、本発明の構成に於いても、低次の共振モードを使用するのが良く、1次、2次、3次共振モードのうちのいずれかを選択するのが安全である。このうち3次共振モードは、振動体102の伝搬部104のみに注目した場合、この3次共振モードが伝搬部104の1次共振モードに相当するので、安定な基本モードの1つと考えることができる。1次、2次、3次のいずれかの共振モードを使用する場合には、図4の結果から、 $0.2 \leq a/l < 0.5$ あるいは $0.2 \leq b/l < 0.5$ を満たす構造が良いことが分かる。

【0021】次に本実施例と比較するために他の構造の力センサーについて説明する。図5(a)は、振動体の他の構造を示す。図3との相違点は、圧電素子が振動体

全面に接合されており、圧電素子51上の電極が、励振電極52と受信電極53に分割されており、励振電極52を励振用に、受信電極53を受信用に使用するものである。すなわち、振動体の伝搬部54が圧電素子51と平板の接合体で構成されており、励振部55や受信部56と厚みの差がない構造である。この構造において、出力信号の周波数特性を測定したところ、図5(b)のようになり、図3と比較してピーク値が低く、小さなピークがたくさん現れ、明快な基本モードと思える共振モードを生じさせにくいことが分かった。これは、図3で示される本実施例は励振部103及び受信部105と伝搬部104の厚みが異なることによって、励振部103と伝搬部104あるいは受信部105と伝搬部104の境界付近に振動の節が生じ易くなり、例えば3次共振等のピークが大きく現れるためと想定される。

【0022】なお、励振電極と受信電極を入れ替え、103を受信部、105を励振部としても当然同様な効果が得られる。

【0023】(実施例2)以下、本発明の第2の実施例について、図面を参照しながら説明する。

【0024】図1(a)、図1(b)は本発明の一実施例における力学量センサーの断面図および平面図である。図1の説明は実施例1と同様なので省略する。

【0025】図1において、振動体102は、慣性体100の移動にともなうたわむ支持梁101に設置されているが、慣性体100と支持梁101よりなる梁全体についても、共振モードが存在する。この共振モードは概略片持梁の振動と同様と考えて良いが、小さな力で慣性体がよく動き、支持梁101のたわみが大きい方が、センサーとしての感度は高くなるが、それだけ、梁全体の共振周波数は低下する。この梁全体の共振周波数は、測定したい印加される力の周波数範囲と関連する。すなわち、例えば、自動車用の加速度センサーの場合には、 $0 \sim 500\text{Hz}$ の範囲の加速度を正確に測定する必要があるが、この範囲に梁全体の共振周波数が存在すると、この共振周波数近傍の加速度を正確に測定することが困難になる。したがって、梁全体の共振周波数は、低いほど検出感度が高くなるけれども、測定したい周波数範囲以上、例えば、 500Hz 以上、理想的には 1kHz となるよう、設計されることが望ましい。

【0026】また、梁全体の共振周波数と、振動体102の共振周波数は互いに独立しており、互いに影響してはならない。このことを説明するために、図6の実験結果を示す。横軸は振動体102の励振部103の圧電素子に印加される信号の周波数を、縦軸は受信部105からの出力信号電圧を示している。図6のデータは、図1において、 $t_1=0.4\text{mm}$ 、 $t_2=0.8\text{mm}$ 、 $L_1=L_2=H=5\text{mm}$ 、図3において $l=5\text{mm}$ 、 $a=b=1.5\text{mm}$ 、 $h=1\text{mm}$ の時のものである。図6の曲線に於いて、 f_{c0} 、 f_{c1} 、 f_{c2} は梁全体の共振周

波数のピークであり、各々1次、2次、3次共振周波数に相当する。また、 f_{s0} 、 f_{s1} 、 f_{s2} は、振動体102の共振周波数であり、図3の(c)、(d)、

(e)に示された、1次、2次、3次共振モードに相当する。図6において、 f_{c0} 、 f_{c1} 、 f_{c2} は f_{s0} と充分離れた位置にある。すなわち、梁全体の共振周波数は振動体102の共振周波数と離れた位置にあり、互いに影響し合うことないので非常に良好な結果が得られる構造であると言える。しかし、 f_{c0} 、と f_{s0} が比較的近い周波数であった場合には、梁全体に高次の共振周波数(例えば f_{c4} 等)が f_{s0} と重なる場合が生じ、振動体102の共振周波数を正確に検出することができなくなる。梁全体の共振には、高次の共振モードが含まれることを考えると、使用する振動体102の共振周波数と、梁全体の1次共振周波数は一桁以上離れているのが安全で良好なセンサーを実現できる。

【0027】なお、励振電極と受信電極を入れ替え、103を受信部、105を励振部としても当然同様な効果が得られる。

【0028】(実施例3)以下、本発明の第3の実施例について、図面を参照しながら説明する。

【0029】図7、図8は、第3の実施例の振動体の構造を示す。図3に示された振動体の構造は3次共振などの高次共振が比較的生じ易い構造であったが、でき得れば、単純な1次共振周波数のみが生じるような構造が望まれる。図7、図8はそのような要求を満たす振動体構造を示している。図7において、慣性体100および支持梁101は図1と同様に構成され、支持梁101の上面に両端固定の状態短冊上の平板106が設置され、その上部に圧電素子107が接合されている。平板106が絶縁体の場合は圧電素子107と平板106の間に電極を設け、平板106が導電体の場合は平板106を電極として、圧電素子の下面に一定電位が印加できるようになっている。一方、圧電素子の上面は平板106の両端を結ぶ線に対して左右に分割された、励振電極108と受信電極109が設けられている。

【0030】図8は、図7の振動体部分を拡大図示したものである。このような構造では、振動体の固定端から固定端まで、励振電極108が連続しており、励振電極に励振電圧を印加した際、振動体全体の伸び縮みによる図8(C)に示した1次共振モードが一番生じ易く、2次、3次共振のような振動体のある部分では伸び、ある部分では縮む形態の共振モードは、強制振動によって生じなくなる。すなわち、図7のセンサーについて、図6と同様なデータをとると、共振周波数 f_{s0} のみが明確にピークを示し、 f_{s1} 、 f_{s2} のピークが消滅する。

【0031】図8(c)は両端固定梁の1次共振モードを示している。これによると、両端が固定されているため、中央部のたわむ方向と端部に近い部分のたわむ方向が逆方向になっていることがわかる。したがって、1次

共振モードの振動を使用した場合、受信電極109が梁のどの部分でも同様な面積を有していた場合には、中央部で発生する電荷と端部で発生する電荷が異符号であるため、それらが相殺しあって、結果として出力電圧が低下するという欠点が生じる。そこで本発明では、図8

(a)に示すように励振電極108を中央部で広く、端部で狭くし、受信電極109はその逆で端部で広く、中央部で狭く構成している。このように構成することによって受信電極に発生する電荷の異符号成分が減少し、受信感度が上昇し、1次共振周波数でのピークを鋭く、高いものとすることができる。

【0032】なお、励振電極と受信電極を入れ替え、108を受信電極、109を励振電極としても当然同様な効果が得られる。

【0033】

【発明の効果】以上のように本発明は、第1に、振動体の全長 l と、前記励振用圧電素子の長さ a 及び前記受信用圧電素子の長さ b との間に、

$$0.2 \leq a/l < 0.5$$

又は

$$0.2 \leq b/l < 0.5$$

の関係有する構成にすることにより、高次モードの共振のピークを低下あるいは消滅させ、振動体の低次モードの共振周波数が明確にピークを示し、安定した共振モードでの駆動が可能となる優れた力センサーを実現できるものである。

【0034】また第2に、振動体の1次共振周波数が、慣性体と支持梁の1次共振周波数の10倍以上とした構成により、梁全体の共振周波数の影響を受けることなく、振動体を安定して共振させることができる優れた力センサーを実現できるものである。

【0035】さらに第3に、圧電素子の表面上に振動体の長手方向と交差する方向で分割された一対の電極を設けた構成により、振動体の1次共振周波数のみを生じさせることができるので、常に同一モードの1次共振における安定した駆動が可能であり、誤動作の少ない優れた力センサーを実現できるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例における力センサーの断面図及び平面図

【図2】本発明の第1の実施例における加速度の測定例を示す、加速度-周波数特性図

【図3】本発明の第1の実施例における振動体部の拡大図と種々の振動モードを示す概略図

【図4】本発明の第1の実施例における周波数特性を示すグラフ

【図5】本発明の第1の実施例に対する比較のための他の構成の力センサーの構成図

【図6】本発明の第2の実施例における、周波数特性図

【図7】本発明の第3の実施例における、力センサーの

断面図及び平面図

【図8】本発明の第3の実施例における、振動体部拡大図、及び振動モードの概略図

【図9】従来の力センサーの斜視図

【図10】従来の力センサーの斜視図

【符号の説明】

100 慣性体

101 支持梁

102 振動体

103 励振部

104 伝搬部

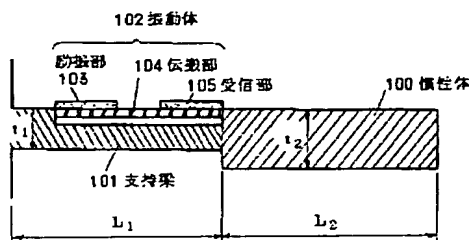
105 受信部

107 圧電素子

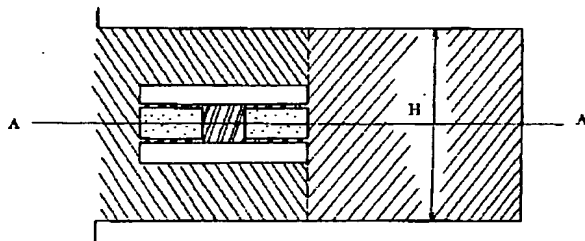
108、109 電極

【図1】

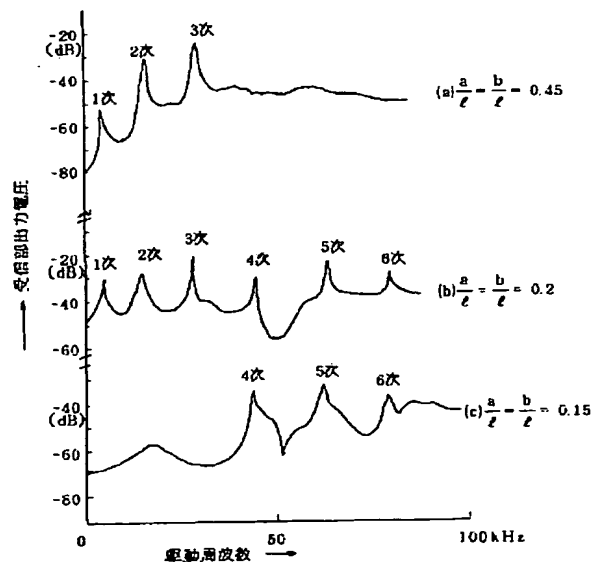
(a)



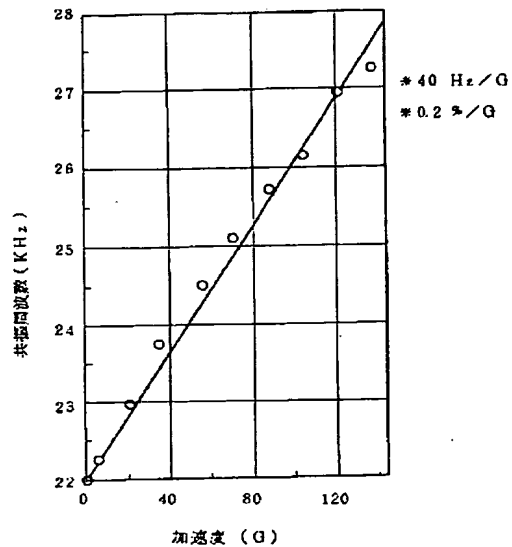
(b)



【図4】

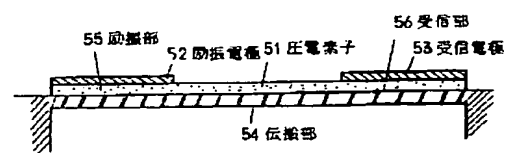


【図2】

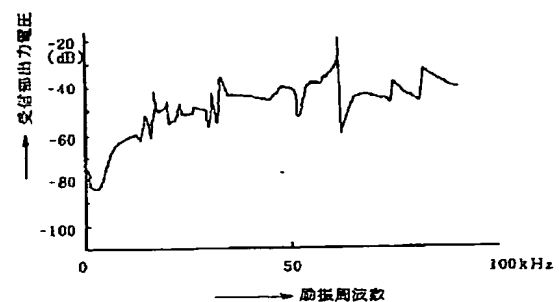


【図5】

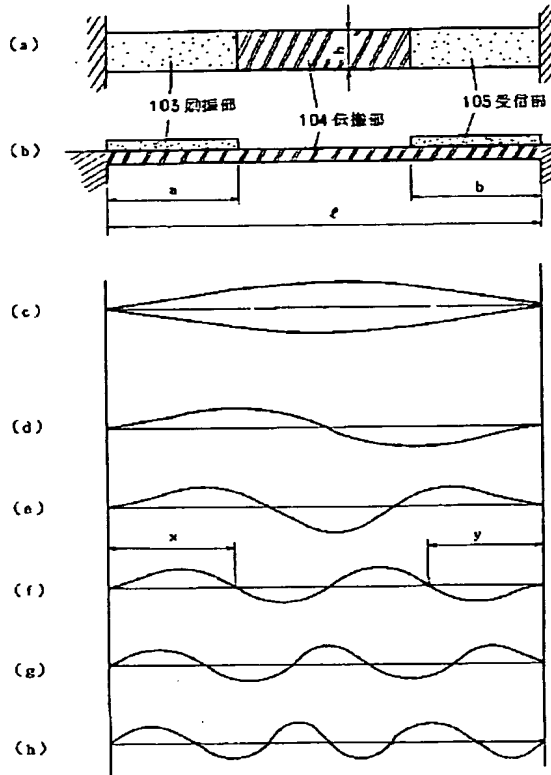
(a)



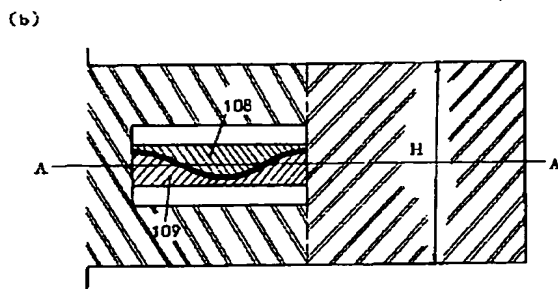
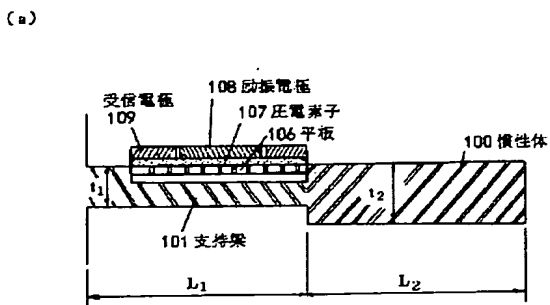
(b)



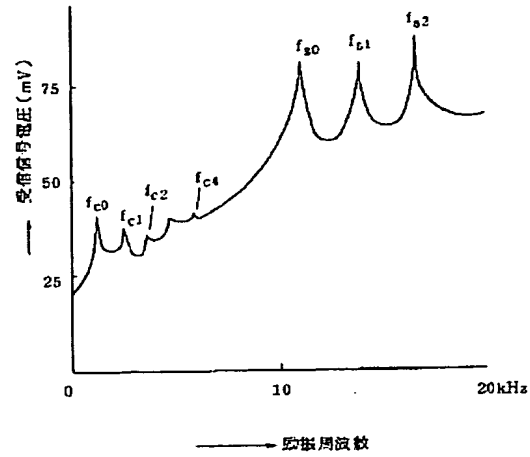
【図3】



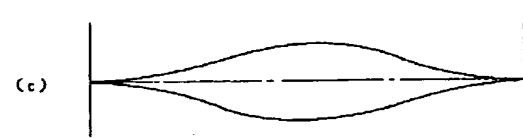
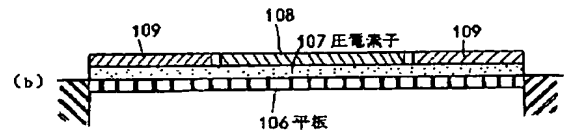
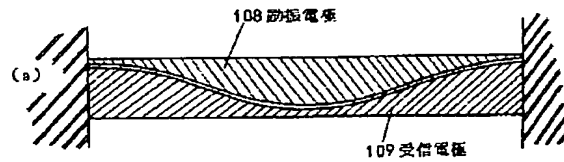
【図7】



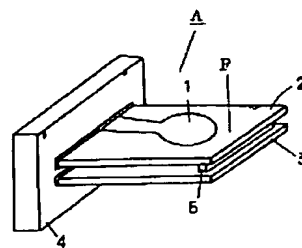
【図6】



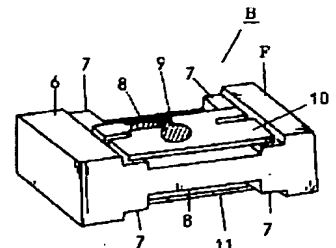
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 青木 新一郎
神奈川県川崎市多摩区東三田 3 丁目 10 番 1
号 松下技研株式会社内

(72)発明者 佐藤 健夫
神奈川県川崎市多摩区東三田 3 丁目 10 番 1
号 松下技研株式会社内